

где t_i - время действия напряжений;

τ_i^* - соответствующая долговечность.

С учетом влияния температуры и напряжения на время до разрушения выражение (2.5) в интегродифференциальной форме имеет вид [1]

$$D(t) = \int_0^{\tau^*} \frac{dt}{\tau^* [\sigma(t); T(t)]} = 1. \quad (6)$$

Определение теплового $T(t)$ и напряженно-деформированного $\sigma(t)$ состояния в выражении (2.6) определяется с использованием моделей [2].

Приближенные оценки с учетом нелинейности процесса накопления повреждений могут быть выполнены с помощью соотношения [3]:

$$D(t) = \int_0^{\tau^*} (t^* - \tau)^n d\varepsilon / \varphi[\sigma(\tau)] = 1, \quad (7)$$

где n – константа, зависящая от свойств материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольденблат И.И., Бажанов В.Л., Копнов В.А. Длительная прочность в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1977. – 248 с.
2. Осяев О.Г., Остапенко А.В., Паталашко С.В. Оценка технического состояния несущих конструкций с учетом факторов длительной эксплуатации // Сб. науч. труд. РИС ЮРГУЭС Вып. 4. Ч.2. – Ростов н/Д, 2005. – С. 217-221.
3. Москвитин В.В. Соппротивление вязкоупругих материалов. – М.: Наука, 1972. – 214 с.

О.Г. Осяев, Ю.А. Татурин, А.В. Остапенко

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Одной из основных проблем эксплуатации объектов повышенной опасности является оценка прочностной надежности силовых конструкций таких объектов. Примерами могут служить сосуды, эксплуатируемые при избыточном внутреннем или внешнем давлении, объекты ракетно-космической и авиационной техники, судостроения, атомной энергетики и другие. Технический уровень безопасности указанных объектов определяется, прежде всего, прочностной надежностью несущих механических конструкций. Уровень безопасности может быть определен как вероятность безотказной работы и означать, что при эксплуатации конструкции не достигается предельного состояния по деформациям и напряжениям, не происходит нарушений сварных, адгезионных и других швов, мест склейки, скрепления и изменения формы изделия, приводящих к отказу и другим признакам разрушения или потери работоспособности силовой конструкции [1-3]. Вероятность отказа конструкции можно определить как функцию времени следующим образом [1]:

$$R(\tau \leq t) = F(t), \quad t > 0, \quad (1)$$

где τ – случайная величина, обозначающая наработку на отказ;

$F(t)$ – вероятность выхода системы из строя к моменту времени t .

Вероятность безотказной работы конструкции можно записать в виде

$$P(\tau > t) = 1 - F(t), \quad (2)$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы (ВБР).

Плотность нормального распределения имеет колоколообразную форму, симметричную относительно среднего значения, и может быть записана в виде

$$P(\tau \leq t) = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{S\sqrt{2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-M}{S}\right)^2\right] dx. \quad (3)$$

В выражении (3) величины M и S означают математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение, соответственно. Они определяются на практике обработкой статистических данных по зависимостям

$$M = \sum_{i=1}^N X_i / N ; \quad (4)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - M)^2 / (N - 1)}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (5)$$

где N – число опытов для параметров X_i .

Плотность нормального распределения можно представить в виде

$$\varphi(z) = (1/\sqrt{2\pi}) \exp(-z^2/2), \quad -\infty < x < \infty, \quad (6)$$

где z – нормированная случайная величина, распределенная по нормальному закону.

Тогда функция нормированного нормального распределения имеет вид

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-X^2/2) dx. \quad (7)$$

Для случайной величины τ , распределенной по нормальному закону с параметрами M и S , выражение

$$R(\tau \leq t) = R\left(z \leq \frac{t-M}{S}\right) = \Phi\left(\frac{t-M}{S}\right) \quad (8)$$

является необходимым соотношением при использовании таблиц нормированного нормального распределения.

При вероятностном прочностном расчете первым этапом является выбор конструктивного облика изделия, материала конструкции и определение основных нагрузочных факторов.

Данные по прочности материала, полученные на основе экспериментов, используются с учетом значимых факторов, влияющих на напряжение, например таких, как температура и концентрация напряжений. В итоге по установленным параметрам законов распределения прочности и нагрузки определяется значение вероятности безотказной работы (ВБР) конструкции. Итерационный процесс повторяется до тех пор, пока показатель ВБР не достигнет требуемого значения.

Если $[\sigma]$ – случайная величина, обозначающая прочность, а σ – случайная величина, обозначающая эквивалентное напряжение, то случайную величину $y = [\sigma] - \sigma$ можно связать с ВБР конструкции следующим образом:

$$P = ВБР\{y \geq 0\}. \quad (9)$$

Если прочность и напряжение описываются нормальным распределением, то случайная величина y также имеет нормальное распределение и выражение для ВБР примет вид

$$P = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{M_{[\sigma]} - M_{\sigma}}{\sqrt{S_{[\sigma]}^2 + S_{\sigma}^2}}}^{\infty} I^{-z^2/2} dz. \quad (10)$$

Из анализа выражения (10) следует, что ВБР зависит от нижнего предела интеграла. Более высокое значение ВБР можно получить, снижая этот предел. Обозначим отрицательное значение нижнего предела интеграла в формуле (10) через z_0 :

$$z_0 = \frac{M[\sigma] - M_\sigma}{\sqrt{S[\sigma]^2 + S_\sigma^2}} . \quad (11)$$

Соотношение (11) является уравнением связи. Итоговая формула для ВБР тогда примет вид

$$\hat{p} = 1 - \Phi \left(\frac{M[\sigma] - M_\sigma}{\sqrt{S[\sigma]^2 + S_\sigma^2}} \right) , \quad (12)$$

где $\Phi(U)$ — функция нормированного нормального распределения, определяемая по уравнению

$$\Phi(U) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^U \exp \left\{ -t^2 / 2 \right\} dt . \quad (13)$$

Формула (12) справедлива, когда между прочностью и нагрузкой отсутствует корреляционная связь, что чаще всего и бывает в практике инженерных расчетов.

При прочностных вероятностных оценках в качестве нагрузки выступают эквивалентные расчетные деформации либо напряжения в конструкции, а в качестве прочности — предельные деформации и напряжения. С помощью выражения (12) возможна оценка перемещений рассматриваемого элемента конструкции (детали или узла).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аликин В.Н., Литвин И.Е., Сесюнин С.Г., Соколовский М.И., Ушин Н.В. Критерии прочности и надежность конструкций./ Под ред.чл.-кор. РАН М.И. Соколовского. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2005. - 164 с.
2. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. - М.: Машиностроение, 1988. - 240 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций. - М.: Сов. радио, 1972. - 552 с.

И.В. Косенков, И.П. Тимофеев, Р.С. Юдин

ОЦЕНКА АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОМОЩИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО U-КРИТЕРИЯ МАННА-УИТНИ

В настоящее время открытым вопросом для органов, эксплуатирующих конструкции ответственного назначения, является поиск методов оценки технического состояния вверенных объектов на этапах жизненного цикла и за пределами гарантийных сроков [1].

Среди методов неразрушающего контроля выделяется метод акустической эмиссии, т.к. этот метод позволяет оценивать опасные (развивающиеся) дефекты в конструкции.